

УДК 536.2 [075.8]

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Костюнина М.А., Абашева М.Ю., Митяева И.А.

научные руководители: к.т.н. Енютина Т.А., д.т.н. Патрушева Т.Н.

*Инженерно – строительный институт  
Сибирский федеральный университет*

Солнечные батареи представляют собой твёрдые носители, покрытые специальными плёнками. В последние годы интенсивно развивается новое научное направление, связанное с получением и изучением наноматериалов, к которым можно отнести наносистемы на основе тонких неорганических пленок.

Широко востребованы пленки из диоксида циркония, которые обладают уникальными свойствами. Износоустойчивость, коррозионная стойкость и низкая теплопроводность  $ZrO_2$  обеспечивает защитные свойства покрытий различных инструментов и деталей. В электронике компоненты из диоксида циркония хорошо зарекомендовали себя благодаря своим ферромагнитным и изолирующим свойствам. Кроме того,  $ZrO_2$  обладает превосходными фрикционными характеристиками при скольжении по стали и применяется как покрытие для подшипников и пар скольжения. Коэффициент трения (0,13-0,15) и срок службы (более чем 5000 циклов скольжения) являются рекордными для пленок.

Среди многочисленных исследований керамических материалов на основе  $ZrO_2$  сравнительно мало внимания уделяется изучению коэффициента теплопроводности тонких пленок, который является наиболее важной характеристикой материала для практически всех областей применения. Согласно литературным данным, коэффициент теплопроводности керамических образцов  $ZrO_2$  составляет 1,95 Вт/(м·К) (100 °С), 2,10 Вт/(м·К) (600 °С) и 2,44 Вт/(м·К) (1600 °С). Для тонких пленок информация отсутствует.

Аналогично, практически нет информации о теплопроводности пленок сложнооксидных материалов на основе диоксида циркония. При допировании  $ZrO_2$  оксидом никеля, коэффициент теплопроводности которого составляет 12,4 Вт/(м·К) (200 °С) и 4,1 Вт/(м·К) (1300 °С), следует ожидать изменения общей теплопроводности сложного оксида, тогда как для тонких пленок результат непредсказуем.

В данной работе были получены тонкие пленки  $ZrO_2$ ,  $ZrNiO$ ,  $ZrBaO$ ,  $ZrMgO$  на стеклянных подложках экстракционно-пиролитическим методом и исследована зависимость коэффициента теплопроводности плёнок в широком диапазоне рабочих температур.

Измерения проводились на приборе ИТ-λ-400 в лаборатории кристаллографии ИФ СО РАН. Прибор предназначен для исследования температурной зависимости коэффициента теплопроводности твердых, механически обрабатываемых материалов в режиме монотонного нагрева.

Образцы из стёкол имели диаметр  $15 \pm 0,3$  мм и высоту  $2,4 \pm 0,3$  мм. Температурный диапазон измерений составлял  $T = 120 \div 670$  К. Массу образца находили с помощью аналитических весов. Температура измерялась термопарами ХА.

В лаборатории кристаллографии института физики им. Л.В.Киренского СО АН РФ была разработана схема и программа, предусматривающая автоматическую фиксацию показаний термопар и представление результатов опытов в виде графиков зависимости  $T = f(\tau)$ , где  $\tau$  – время, вычисление коэффициента теплопроводности и представление его в таблице. Программа разработана в среде объектно-программированного языка «Delpi».

Опытные данные показали хорошую воспроизводимость. Результаты исследований приведены в табл.1.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·К)

T, K	ZrMgO		ZrBa O	ZrO <sub>2</sub>	ZrNiO	
	Температура отжига, °C					
	450	600	450	450	450 (300 nm)	600 (600 nm)
00	-	-	0,27	0,2	0,1	-
200	0,7	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4
300	0,9	0,7	0,75	0,70	0,7	0,7
400	1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
500	1,4	1,1	1.2	1,25	1,1	1,1
600	1,7	1,5	1,7	2,0	1,4	1,4
700	-	-	3,6	4,5	-	4,0

Выводы:

1. Коэффициент теплопроводности для всех материалов увеличивается с ростом температуры и заметно зависит от материала нанопокрyтия.
2. Для плёнок с ZrMgO повышение температуры отжига приводит к уменьшению коэффициента теплопроводности. Общий диапазон изменения:  $\lambda = 0,4 - 1,7$  Вт/(м·К).
3. Для ZrBaO коэффициент теплопроводности изменяется в пределах:  $\lambda = 0,27 - 3,6$  Вт/(м·К).
4. Для ZrO<sub>2</sub>  $\lambda = 0,2 - 4,5$  Вт/(м·К).
5. Для ZrNiO коэффициент теплопроводности практически не зависит от температуры отжига и находится в диапазоне  $\lambda = 0,1 - 1,4$  Вт/(м·К).